Bedienungsanleitung



Inhaltsverzeichnis

| 1 Übers | sicht | 4 |
|---------|---|----|
| 2 Monta | age | 5 |
| 2.1 Int | petriebnahme | 5 |
| 2.2 Sc | hematisches Schaltbild | 9 |
| 2.3 De | r ipsensor 12 CT | 10 |
| 3 Softw | are und Kommunikation | 11 |
| 3.1 Ko | onfiguration des Svstems | 13 |
| 3.1.1 | Installation des ipsensor service tools | |
| 3.1.2 | Programmstart | 13 |
| 3.1.3 | Allgemeine Einstellungen und Kommunikation mit der Zentraleinheit | 13 |
| 3.1.3.1 | Sprachauswahl | 13 |
| 3.1.3.2 | Sensorverbindung | 14 |
| 3.1.3.3 | Modbus ID | 14 |
| 3.1.3.4 | TCP/IP Adresse | 14 |
| 3.1.3.5 | Serielle Konfiguration | 14 |
| 3.1.3.6 | Verbinden | 14 |
| 3.1.3.7 | Anzeige der Sensoren | 15 |
| 3.1.4 | Konfiguration der Zentraleinheit | 15 |
| 3.1.4.1 | Konfiguration der seriellen Kommunikation | 16 |
| 3.1.4.2 | Konfiguration der IPv4 Kommunikation | 17 |
| 3.1.4.3 | Konfiguration der NTP Server | 18 |
| 3.1.5 | Aktualisieren der Software von Zentraleinheit und Sensoren | 19 |
| 3.1.6 | Finden von Zentraleinheiten im Subnetz | 20 |
| 3.1.7 | Modbus IDs zuweisen | 20 |
| 3.1.8 | Zuordnung der Sensoren | 21 |
| 3.1.9 | Konfiguration der einzelnen Messstellen der Sensoren | 22 |
| 3.1.10 | Auslesen der Messwerte der Sensoren | 23 |
| 3.2 Ko | onfiguration der einstellbaren Modbus Register | 23 |
| 3.2.1 | Konfigurationsprozess | 24 |
| 3.2.2 | Konfiguration der Sensoren | 25 |
| 3.2.3 | Konfiguration der Geräte | 26 |
| 3.2.4 | Konfiguration der Register | 27 |
| 3.2.5 | Registerfunktionen | 28 |
| 3.2.6 | Auslesen der Registerwerte | 29 |
| 3.2.7 | Schreiben der Registerwerte in eine Datei | 30 |
| 3.2.8 | Optionen für .csv Trennzeichen | 30 |
| 3.2.9 | Abspeichern der Registerkonfiguration | 31 |
| 3.2.10 | Reset der Wirkenergiezähler | 32 |
| 3.2.11 | Mögliche Konflikte und Fehler | 32 |

| 3.3 B | etrieb | 34 |
|--------|---|----|
| 3.3.1 | Adressen der einstellbaren Modbus Register | 34 |
| 3.3.2 | Adressen der fest definierten Modbus Register | 35 |
| 4 Glos | sar | 39 |
| 5 Tech | nische Daten | 41 |
| 6 Sich | erheitshinweise | 43 |
| 7 Konf | ormitätserklärung | 47 |
| Anhang | A Berechnungsgrundlage nach EN 61557-12:2008 | 49 |
| A.1 W | /irkleistung (P) und Wirkenergie (Ea) | 49 |
| 7.1.1 | Sekundenwerte | 49 |
| 7.1.2 | Einphasenwerte | 49 |
| 7.1.3 | Dreiphasenwerte | 49 |
| A.2 B | lindleistung (Q) | 49 |
| 7.1.4 | Sekundenwerte | 49 |
| 7.1.5 | Einphasenwerte | 50 |
| 7.1.6 | Dreiphasenwerte | 50 |
| A.3 S | cheinleistung (S) | 50 |
| 7.1.7 | Sekundenwerte | 50 |
| 7.1.8 | Einphasenwerte | 50 |
| 7.1.9 | Dreiphasenwerte | 50 |
| A.4 S | trom (I) | 51 |
| 7.1.10 | Sekundenwerte | 51 |
| 7.1.11 | Einphasenwerte | 51 |
| 7.1.12 | Dreiphasenwerte | 51 |
| A.5 S | pannung (<i>U</i>) | 51 |
| 7.1.13 | Sekundenwerte und Mittelwerte Lp-N | 51 |
| 7.1.14 | Sekundenwerte und Mittelwerte Lp-Lg | 51 |
| A.6 L | eistungsfaktor | 52 |
| 7.1.15 | Sekundenwerte | 52 |
| 7.1.16 | Einphasenwerte | 52 |
| 7.1.17 | Dreiphasenwerte | 52 |

| Herausgeber: | Dokument: | SYC000628 |
|----------------------------|-----------------|------------|
| GT elektronik GmbH & Co.KG | Revision: | 7 |
| Schlörstraße 3 | Änderungsdatum: | 23.07.2020 |
| 92507 Nabburg | | |



1 Übersicht

Der ipsensor dient der detaillierten Leistungsmessung einzelner Verbraucher in 50 / 60 Hz Niederspannungssystemen. Mit den Daten dieser Leistungsmessung können dann beispielsweise Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz im Rahmen eines Energy Management Systems durchgeführt werden. Die Leistungsmessung erfolgt dabei an den Leitungen, die in einem Niederspannungsverteiler aus den Sicherungen für die einzelnen Geräte herausgeführt sind.

Das modulare System besteht aus einer Zentraleinheit und einem oder mehreren Sensoren. Die Sensoren haben mehrere Messstellen, mit denen die Leistung für mehrere Verbraucher gemessen werden kann. Die verschiedenen Varianten der Sensoren unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl der Messstellen und der jeweiligen Nennstromstärke.

Die Sensoren werden über ein Flachbandkabel (Sensorbus) an die Zentraleinheit angeschlossen. Über dieses Flachbandkabel werden die Messwerte und die benötigte Versorgungsspannung für die Sensoren übertragen. Das Flachbandkabel wird während der Montage für die individuellen Gegebenheiten der jeweiligen Anlage konfektioniert.

Die Zentraleinheit wird ebenso wie die Sicherungen auf einer Hutschiene (TS35) montiert. Die Sensoren werden auf den Sicherungen angebracht.

Als Schnittstelle zum Auslesen der Leistungswerte dient das Modbus Protokoll. ipsensor unterstützt die Protokollvarianten Modbus-TCP und Modbus-RTU.



Abbildung 1: Grafische Darstellung des ipsensor

2 Montage

Bitte lesen Sie sich diese Montage- und Bedienungsanleitung vollständig durch, bevor Sie ipsensor installieren und betreiben! Sie enthält wichtige Sicherheitsinformationen. Diese Dokumentation bezieht sich auf den Stand der Technik vom 07.07.2019. Wir behalten uns vor, die hier enthaltenen Informationen ohne vorherige Ankündigung zu aktualisieren.

2.1 Inbetriebnahme

Allgemeine Sicherheitshinweise:

Die elektrische Installation und Inbetriebnahme darf nur von einer konzessionierten Elektrofachkraft unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise ausgeführt werden. Eine unsachgemäße Ausführung bei der Installation oder Inbetriebnahme kann zu Schäden führen und Personen gefährden.

Der ipsensor ist nur für den Einsatz in ein- und dreiphasigen Niederspannungssystemen mit Nennspannung von 230 / 400 V AC bei 50 bzw. 60 Hz vorgesehen.

Vor der Montage der spannungsführenden Anschluss- und Messleitungen sind diese stromlos zu schalten.







Abbildung 3: Spannungseingänge der Zentraleinheit

Abbildung 2: Schieber der Zentraleinheit

Die Spannungsversorgung erfolgt über die Klemmen (Spannungseingänge) auf der Unterseite (siehe **Abbildung 3**).

Zur Befestigung muss der Anschlussdraht nur in die jeweilige Klemme geschoben werden. Lösen erfolgt mit der Auslösetaste.

Bei einphasigen Systemen wird nur L1 und N angeschlossen. Bei dreiphasigen Systemen werden alle Phasen und N angeschlossen.

Die Klemmen sind entsprechend ihrer Verwendung markiert.



Die Spannungseingange L1, L2, L3 müssen durch Sicherungen von 1A, Auslösecharakteristik B abgesichert werden.

Es muss eine Methode bereitgestellt werden, welche erlaubt das Gerät spannungsfrei zu schalten, z.B. ein deutlich gekennzeichneter Stromunterbrecher oder abgesicherter Trennschalter.

Leiterquerschnitte für L1, L2, L3 und N:

| Eindrähtig: | $0,5 \text{ mm}^2 - 1,5 \text{ mm}^2$ |
|--|---|
| Abisolierlänge: | 10 mm |
| Feindrähtig mit isolierter Aderendhülse: | 0,5 mm ² – 1 mm ² |

<u>Wichtig</u>: Der Spannungsanschluss der Zentraleinheit ist so ausgeführt, dass der abisolierte blanke Anschlussdraht berührt werden kann. Die Zentraleinheit ist so zu montieren bzw. abzudecken, dass der Bereich des Spannungsanschlusses abgedeckt wird.



Abbildung 4: Sicherung mit gelöster Stromleitung

Vor der Befestigung der Sensoren müssen eventuell vorhandene Stromleitungen gelöst werden (siehe **Abbildung 4**). Vor dem Arbeiten an diesen Leitungen sind diese <u>stromlos</u> zu schalten.



Abbildung 5: Stromleitung durch Messstelle eines 3er Sensors

Die Stromleitungen werden durch die Öffnungen der Messstellen geführt und wieder angeschlossen (siehe **Abbildung 5**).



Abbildung 6: Stecker des Flachbandkabels

Die Stecker für das Flachbandkabel werden aus Unterteil und Oberteil zusammengesetzt (siehe **Abbildung 6**). Dabei ist zu beachten, dass die Stecker nicht symmetrisch sind.



Abbildung 7: Flachbandkabel und Stecker

Die Stecker werden mit einer geeigneten Zange auf das Kabel gequetscht (siehe Abbildung 7).



Abbildung 8: Flachbandleitung zwischen Zentraleinheit und Sensoren

Die Zentraleinheit und alle Sensoren werden mit dem Flachbandkabel verbunden. Die Stecker werden wie in **Abbildung 8** dargestellt, in die Sensorbus Schnittstellen der Zentraleinheit und der Stromsensoren gesteckt:

- Die Stecker werden in passenden Abständen auf das Kabel gequetscht.
- Die Sensoren dürfen sowohl auf der linken wie der rechten Seite der Zentraleinheit angeschlossen werden.
- Die Reihenfolge der Sensoren auf dem Kabel spielt keine Rolle.
- Es darf nur eine Zentraleinheit angeschlossen werden.
- <u>Wichtig</u>: Pin 1 des Kabels muss sich bei der Zentraleinheit und allen Sensoren immer an der Vorderseite befinden.
- <u>Wichtig</u>: Das abgeschnittene Kabelende hat keine Isolierung. Die Kabelenden von nicht isolierten Leitern mit Niederspannung fernhalten. Mindestabstand von 6 mm einhalten. Die offenen Enden mit Schrumpfschlauch abschließen.



2.2 Schematisches Schaltbild

Die schematische Darstellung des ipsensor Messsystems mit Basis und Sensor sehen Sie hier (siehe **Abbildung 9**). Der Sensor wird über die Basis mit Spannung versorgt, welche wiederum am Netz hängt. Die Stromleitungen gehen durch die Messstellen des Sensors durch und zum Verbraucher.



Abbildung 9: Schematisches Schaltbild des ipsensor Messsystems

2.3 Der ipsensor 12 CT

Der ipsensor 12 CT ist ein Strom- und Leistungsmesssensor, der von einem externen Stromwandler bedient wird. Der Transformator (z.B. ein Klappwandler) wird dabei um die Leitung zum Verbraucher gelegt und an eine Messstelle des CT Sensors angeschlossen, um die Messdaten zu erfassen. Er wird, wie die Zentraleinheit, an der Hutschiene befestigt, und über den CAN mit der Zentraleinheit verbunden.

Eine schematische Darstellung der Verkabelung ist in Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 10: Schematisches Schaltbild des ipsensor 12 CT

Der ipsensor 12 CT hat 12 Messstellen. Auf der Oberfläche des Sensors sind 4 Reihen mit jeweils 6 Eingängen. Die Kombination eines oberen Eingangs mit einem unteren Eingang ergibt immer eine Messstelle. Die oberen beiden Reihen haben somit Messstellen 1 bis 6, von links nach rechts, und die unteren beiden Reihen haben Messstellen 7 bis 12.

3 Software und Kommunikation



Der ipsensor hat eine interne Schnittstelle, über die die Zentraleinheit mit den Sensoren kommuniziert. Die Kommunikation nach außen erfolgt über die Anschlüsse der Zentraleinheit (siehe **Abbildung 11**).

Der ipsensor hat als Außenschnittstelle eine Modbus Schnittstelle. Dabei werden sowohl das Modbus-TCP (über Ethernet) als auch das Modbus-RTU (über RS485) Protokoll unterstützt. In diesem Dokument wird das grundsätzliche Verständnis dieser Protokolle vorausgesetzt. Die Kommunikation kann dabei über eine der beiden Schnittstellen durchgeführt werden, es ist aber auch möglich, beide Schnittstellen alternativ zu verwenden. Alle Funktionen sind auf beiden Schnittstellen verfügbar.

Mit ipsensor wird auch ein .NET basierendes Konfigurationsprogramm (ipsensor service tool) mitgeliefert. Dieses Programm dient der Konfiguration der Messsystems. Es erfordert das .net Framework in der Version 4.0. Die Bedienung dieses Tools befindet sich in den Kapiteln zur Konfiguration.

Für den Betrieb wird eine Energy Management Software benötigt, die in der Lage ist Modbus Register zu lesen und die entsprechenden Daten zu verarbeiten. Diese Software ist nicht Bestandteil der Lieferung. Die Schnittstelle, über die diese Software auf die Messdaten zugreift, befindet sich im Kapitel "Betrieb".

Die Konfigurationsmöglichkeiten dieser Software müssen durch den Hersteller der entsprechenden Software beschrieben werden.

Die Modbus-TCP Kommunikation erfolgt über die 100 Mbit Ethernet Schnittstelle, die mit einem RJ45 Stecker auf der Vorderseite des Gerätes ausgeführt ist.

Die Modbus-RTU Kommunikation erfolgt über die RS485 Schnittstelle, die mit drei Klemmen auf der Vorderseite des Gerätes ausgeführt ist.

Für die Modbus-RTU Kommunikation müssen erstmals folgende Kommunikationsparameter eingestellt werden:

| Startbits | 1 |
|-----------|-------------|
| Stoppbits | 1 |
| Parität | Gerade |
| Baudrate | 115,2 kBaud |

Das ipsensor service tool stellt die benötigten Parameter der seriellen Schnittstelle selber ein. Diese Parameter lassen sich allerdings später mit dem ipsensor service tool individuell konfigurieren.

Das Bild zeigt die Kommunikationsschnittstellen der Zentraleinheit (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Kommunikationsschnittstellen der Zentraleinheit

Die Ethernet Schnittstelle ist mit einem Ethernet Kabel CAT5 oder besser mit einem 100Mbit Switch zu verbinden.

Die Verbindung der RS485 Schnittstelle erfolgt über Klemmen. Zur Befestigung muss der Anschlussdraht nur in die jeweilige Klemme geschoben werden. Lösen erfolgt mit der Auslösetaste. Das Bild zeigt die Belegung der Signale an der Zentraleinheit (siehe **Abbildung 12**).

Leiterquerschnitte für A(+), B(-), GND:

Feindrähtig mit isolierter Aderendhülse: 0,25mm²

Die Terminierung der RS485 Schnittstelle im Gerät entspricht dieser Beschaltung:







3.1 Konfiguration des Systems

Die Konfiguration von ipsensor erfolgt mit dem ipsensor service tool. Mit diesem werden insbesondere diese Einstellungen durchgeführt:

- Einstellung der Kommunikationsparameter der Zentraleinheit (IP-Adresse oder Modbus ID)
- Zuordnung der Sensoren mit Ihren Messstellen auf freie Sensorplätze
- Zuordnung der jeweiligen Phasen der Spannungsmessung zu den Messstellen der Sensoren
- Definition der logischen Geräte und Festlegung der einstellbaren Register

3.1.1 Installation des ipsensor service tools

Die Installation des ipsensor service tools erfolgt über die Setup Datei. Der Benutzer muss im Installationsverzeichnis Schreibrechte haben.

3.1.2 Programmstart

Zum Starten wird die Datei "ControlFramework.exe" ausgeführt. Nach dem Starten meldet sich das Programm mit seinem Startbildschirm (siehe **Abbildung 14**). Über diesen Bildschirm erfolgt die Konfiguration des Systems. Der Bildschirm ist in drei Bereiche unterteilt.

| Einstellungen für die Zentraleinheit | | Freie Sensorplätze und bereits zugeordnete Sensoren | Noch nicht zugeordnete Sensoren |
|---|------------------------|---|------------------------------------|
| Konfiguration Hilfe | | | |
| Messsystem Registerkonfigur | ration | | 1 |
| Sprache | Deutsch 💌 | Zugeordnet | Nicht zugeordnet |
| Modbus Verbindung | TCP/IP 💌 | | |
| Modbus ID | 1 💌 | | |
| TCP/IP Adresse | 192.168.127.107 | | |
| | Serielle Konfiguration | | |
| | | | |
| | Verbinden | | |
| Auto E | Liste aktualisieren | | |
| | Creative attainment | | |
| | | | |
| | ZE Konfiguration | | |
| | SW aktualisieren | | |
| | | | |
| | Finde ZE | | |
| | Modbus ID zuweisen | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Abbildung 14: ipsensor service tool Startbildschirm

3.1.3 Allgemeine Einstellungen und Kommunikation mit der Zentraleinheit

3.1.3.1 Sprachauswahl

Mit der Sprachauswahl wird die Bedienungssprache des ipsensor service tools eingestellt.



3.1.3.2 Sensorverbindung

Mit der Sensorverbindung wird eingestellt, ob das ipsensor service tool über TCP/IP oder die serielle Schnittstelle mit der Zentraleinheit kommunizieren soll. In Abhängigkeit der Auswahl stehen nur die entsprechenden weiteren Felder zur Verfügung.

3.1.3.3 Modbus ID

Dieser Parameter wird bei Kommunikation über die serielle Schnittstelle benutzt. Mit dem Parameter wird festgelegt, mit welcher Modbus ID die ipsensor Zentraleinheit auf der seriellen Schnittstelle angesprochen wird. Außerdem ist die Modbus ID für das Auslesen von Registerwerten relevant. Im Auslieferungszustand hat jede Zentraleinheit die Modbus ID 1. Die Auswahl erfolgt über eine Liste. Es können Werte zwischen 1 und 31 eingestellt werden.

Wenn nach der Auslieferung die Zentraleinheit über die serielle Schnittstelle angesprochen werden soll, muss ein Modbus verwendet werden, in dem kein anderes Gerät die ID 1 verwendet.

Bei Kommunikation über TCP/IP mit der Zentraleinheit wird die Modbus ID in den Botschaften ignoriert. Die Adressierung erfolgt in diesem Fall ausschließlich über die IP-Adresse der Zentraleinheit.

3.1.3.4 TCP/IP Adresse

Dieser Parameter wird nur bei Kommunikation über TCP/IP benutzt. Mit dem Parameter wird die IP-Adresse festgelegt, mit der die gewünschte Zentraleinheit im Netzwerk angesprochen werden soll. Alternativ kann auch der Hostname der Zentraleinheit verwendet werden, falls dieser vorher gesetzt wurde und DHCP aktiv ist.

Im Auslieferungszustand hat jede Zentraleinheit die IP-Adresse 0.0.0.0. Sobald die Zentraleinheit aktiviert wird, versucht sie eine neue IP-Adresse per DHCP zu erhalten. Wenn nach der Auslieferung die Zentraleinheit über TCP/IP angesprochen werden soll, muss ein Subnetz hergestellt werden, in dem diese Adresse vom ipsensor service tool angesprochen werden kann.

Das Vorgehen zum manuellen Einstellen einer IP-Adresse der ipsensor Zentraleinheit befindet sich im Kapitel "Konfiguration der Zentraleinheit".

3.1.3.5 Serielle Konfiguration

Mit diesem Knopf können die Parameter der seriellen Schnittstelle, die über die ipsensor Software mit der Zentraleinheit kommunizieren, eingestellt werden (siehe **Abbildung 15**).

| 陣 Serielle Konfiguration | | | | X C |
|--------------------------|--------|----|---|---------|
| Serielle Schnittstelle | COM1 | | | |
| Baudrate | 115200 | • | | |
| Parität | Gerade | • | | |
| Stoppbits | 1 | • | | |
| | | | | |
| | | | _ | |
| | | OK | | Abbruch |

Abbildung 15: Serielle Konfiguration des ipsensor service tool

Mit dem obersten Parameter wird eingestellt, welche serielle Schnittstelle des PCs (COM Port, z.B. COM1) benutzt werden soll, um mit der Zentraleinheit zu kommunizieren. Die Auswahl erfolgt durch einen passenden Eintrag im Textfeld.

Zusätzlich bieten die Dropdown-Listen der Baudrate, Parität und Stoppbits einige Auswahlmöglichkeiten zur individuellen Konfiguration der seriellen Parameter.

3.1.3.6 Verbinden

Nach der erfolgreichen Verbindung mit dem jeweiligen System sind dem Benutzer die weiteren Optionen der Oberfläche verfügbar.

Beim Verbinden wird im Rahmen der Identifizierung festgestellt, welche Sensoren an der Zentraleinheit angeschlossen sind.

3.1.3.7 Anzeige der Sensoren

Mit dem Knopf "Liste aktualisieren" kann der aktuelle Zustand der Sensoren ausgelesen werden. Wenn die Checkbox "Auto" aktiviert ist, wird er alle 3 Sekunden aktualisiert.

Mit dem Knopf "Erneut Identifizieren" wird die Konfiguration zurückgesetzt und die angeschlossenen Sensoren werden erneut identifiziert.

Die Funktion und Bedeutung der Anzeige wird im Kapitel "Zuordnung der Sensoren" detailliert erläutert.

3.1.4 Konfiguration der Zentraleinheit

Mit dem Knopf "ZE Konfiguration" wird ein Fenster zur Konfiguration der Zentraleinheit geöffnet. In diesem Fenster können einzelne Einstellwerte der Zentraleinheit ausgelesen und die Kommunikationsparameter der Zentraleinheit verändert werden (siehe **Abbildung 16**).

| 📮 ZE Konfiguration — 🗆 🗙 | | | | | |
|--------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------|
| Geräteinfo | Serielle Kommunik | ation IPv4 Kommunikation N | NTP Einstellungen | | |
| Artikelnur | nmer | 9GZ000241 | | | |
| Firmware | Version | V2.00.020 | | | |
| Software | Version | V1.05.000 | | | |
| EEPROM | Version | 1 | | | |
| Board Typ | р | 1 | | | |
| Board Ver | rsion | 3 | | | |
| Betriebsa | rt | 0 | | | |
| Seriennur | nmer | 1021 | | | |
| Produktio | nsdatum | 28.08.2017 💌 | [| | |
| MAC Adre | esse | 70-B3-D5-3F-60-15 | | | |
| | | | | | |
| | | | SW Reset | Schlie | eßen |

Abbildung 16: ZE Konfiguration - Geräteinfo

Mit dem "Lesen" Knopf in der jeweiligen Zeile wird der entsprechende Parameter aus der Zentraleinheit ausgelesen. Mit dem "Schreiben" Knopf wird der Parameter in die Zentraleinheit geschrieben. Parameter ohne "Schreiben" Knopf können nicht durch den Anwender verändert werden. Ihre Darstellung dient allein der Information.

Im Tab "Geräteinfo" sind allgemeine und nicht editierbare Informationen über die Zentraleinheit angezeigt.

Über den Knopf "SW Reset" kann die Zentraleinheit neu gestartet werden.

3.1.4.1 Konfiguration der seriellen Kommunikation

Im Tab "Serielle Kommunikation" kann die serielle Schnittstelle der Zentraleinheit konfiguriert werden (siehe **Abbildung 17**).

| 🏟 ZE Konfiguration — 🗆 🗙 | | | | |
|--------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
| Geräteinfo | Serielle Kommunika | tion IPv4 Kommunikation I | NTP Einstellungen | |
| Modbus II | D | 3 - | Lesen | Schreiben |
| Ser. Verz | ögerung | 20 | Lesen | Schreiben |
| Baudrate | | 57600 - | Lesen | Schreiben |
| Parität | | Gerade 💌 |] | |
| Stoppbits | | 1 - |] | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | SW Reset | Schließen |

Abbildung 17: ZE Konfiguration - serielle Kommunikation

Die Modbus ID ist die ID mit der die Zentraleinheit auf dem Modbus angesprochen werden kann. Die möglichen Werte wenden in einer Auswahlbox dargestellt, es sind Werte zwischen 1 und 31 möglich.

Die serielle Verzögerung ist eine einstellbare Verzögerung, mit der die Zentraleinheit die "Read Register" Kommandos auf der Modbus-RTU Schnittstelle beantwortet. Während dieser Verzögerungszeit muss das abfragende Gerät die Datenflussrichtung auf der Schnittstelle von Senden auf Empfangen umstellen. Je nach Gerät kann dies unterschiedlich lange dauern. Über den Parameter kann die Verzögerung in ms eingestellt, und dadurch die Abfragegeschwindigkeit optimiert werden.

Die Baudrate, Parität und Stoppbits sind Parameter der seriellen Kommunikation von der Zentraleinheit und werden nur über die serielle Schnittstelle benutzt. Es gibt einige Auswahlmöglichkeiten, die über drop-down-Menüs dargestellt werden. Die "Nicht definiert" Option dient nur dem Auslesen und kann nicht in die Zentraleinheit geschrieben werden.

3.1.4.2 Konfiguration der IPv4 Kommunikation

Im Tab "IPv4 Kommunikation" kann die TCP/IP Konfiguration der Zentraleinheit eingestellt werden (siehe **Abbildung 18**).

| 陣 ZE Konfiguration | | _ | |
|----------------------------|------------------------------|-------------------|-----------|
| Geräteinfo Serielle Kommun | ikation IPv4 Kommunikation N | NTP Einstellungen | |
| DHCP Hostname | ipsensor1021 | Lesen | Schreiben |
| DHCP Status | | | |
| TCP/IP Adresse | 0.0.0.0 | | |
| Subnetzmaske | 0.0.0.0 | | |
| Standardgateway | 0.0.0.0 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | SW Reset | Schließen |

Abbildung 18: ZE Konfiguration - IPv4 Kommunikation

Die TCP/IP Adresse ist die ID, mit der die Zentraleinheit über TCP/IP angesprochen werden kann. In diesem Feld kann die IP Adresse verändert werden. Nach einer Änderung muss die Verbindung eventuell geschlossen, die neue IP Adresse im Kommunikationsbereich des Service Tools eingetragen und die Verbindung neu hergestellt werden.

Wenn DHCP aktiviert ist, ist es nicht möglich die IP Kommunikationsparameter manuell zu setzen, da die Zentraleinheit diese automatisch bezieht. Es ist allerdings möglich die Zentraleinheit über einen Hostnamen anzusprechen, der hier gesetzt werden kann. Der Hostname darf maximal 16 Zeichen lang sein.

Wenn DHCP deaktiviert wird, dann muss zugleich eine neue statische IP Adresse mit plausibler Subnetzmaske gesetzt werden.

Alternativ kann die TCP/IP Adresse, wenn DHCP deaktiviert ist, auch über ein Ping Kommando eingestellt werden. Die Software der ipsensor Zentraleinheit reagiert auf Ethernet Ping Messages folgendermaßen:

Eine Ping Message enthält immer eine MAC Adresse und eine IP Adresse. Die MAC Adresse kann dabei auch eine Broadcast Adresse (0) sein. Ping Messages bei denen die MAC Adresse mit der MAC Adresse der ipsensor Zentraleinheit übereinstimmt (kein Broadcast), setzen die übertragene IP Adresse als neue IP Adresse in der ipsensor Zentraleinheit.

Um dieses zu erreichen, wird bei einem Windows PC folgendermaßen vorgegangen:

- Zunächst muss der PC eine eigene IP Adresse haben, die sich im gleichen Subnetz wie die gewünschte IP Adresse von ipsensor befindet.
- Für die MAC Adresse der ipsensor Zentraleinheit (Diese befindet sich auf dem Artikelnummernaufkleber auf der Rückseite), muss ein statischer Eintrag in der ARP Tabelle des PCs erzeugt werden.
- Es wird eine Shell im Administrator Modus geöffnet.
- Das Kommando *netsh interface show interface* wird benutzt, um die Ethernet Interfaces anzuzeigen.
- Das Kommando netsh interface ipv4 add neighbors "Name der LAN-Verbindung" "IP" "MAC" wird verwendet, um einen neuen ARP Eintrag zu erzeugen. Beispiel: netsh interface ipv4 add neighbors Ethernet 192.168.127.88 70-B3-D5-3F-60-FF



 Mit dem Kommando *arp –a* können die Einträge angezeigt werden. Es muss ein statischer Eintrag für die neue gewünschte IP Adresse bei dem Interface, das sich in dem gleichen Subnetz befindet, vorhanden sein. Beispiel:

| Schnittstelle: 192.16 | 58.127.106 0xf | |
|-----------------------|-------------------|-----------|
| Internetadresse | Physische Adresse | Тур |
| 192.168.127.88 | 70-b3-d5-3f-60-ff | statisch |
| 192.168.127.92 | 70-b3-d5-3f-60-0a | dynamisch |
| 192.168.127.200 | 68-b5-99-52-11-4e | dynamisch |
| 192.168.127.201 | 00-14-38-91-8f-b7 | dynamisch |
| 192.168.127.254 | 00-90-7f-e2-b6-05 | dynamisch |

- Mit dem Kommando *ping "IP"* wird eine Ping Message mit der MAC Adresse der ipsensor Zentraleinheit und der neuen IP Adresse an die ipsensor Zentraleinheit versendet. <u>Beispiel</u>: *ping 192.168.127.88*
 - Damit wird die gewünschte IP Adresse eingetragen.
- Mit dem Kommando arp –d "IP" wird der statische ARP Eintrag wieder gelöscht. Beispiel: arp –d 192.168.127.88
- Anschließend kann mit dem Service Tool über die neue IP Adresse mit ipsensor kommuniziert werden.

Die Subnetzmaske wird nur bei Kommunikation über TCP/IP benutzt. Mit dem Parameter wird die Subnetzmaske des Subnetzes festgelegt, in dem die Zentraleinheit installiert ist. Beim Schreiben wird dieser Parameter auf Plausibilität geprüft.

Das Standardgateway wird nur bei Kommunikation über TCP/IP benutzt. Mit dem Parameter wird die TCP/IP Adresse des Standardgateways im Subnetz festgelegt, in dem die Zentraleinheit installiert ist. Beim Schreiben wird dieser Parameter auf Plausibilität geprüft.

3.1.4.3 Konfiguration der NTP Server

Im Tab "NTP Einstellungen" können die, in der Zentraleinheit hinterlegten, NTP Server Adressen eingestellt, und NTP aktiviert und deaktiviert werden (siehe **Abbildung 19**).

| 陣 ZE Konfiguration | | - | | × |
|------------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|---|
| Geräteinfo Serielle Kommunik | ation IPv4 Kommunikation | NTP Einstellungen | | |
| NTP Synchronisierung | | Lesen | Schreiben | |
| NTP Server 1 | 192.168.127.200 | | | |
| NTP Server 2 | 192.53.103.108 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | SW Reset | Schließe | n |

Abbildung 19: ZE Konfiguration - NTP Einstellungen

Wenn die Zentraleinheit über Netzwerk verbunden ist, kann sie die aktuelle Uhrzeit von einem NTP Server beziehen. Die Uhrzeit wird verwendet, um die Intervallgrenzen für die Berechnung der Mittelwerte an der jeweils vollen Stunde auszurichten.

Es können die TCP/IP Adressen von zwei NTP Servern eingetragen werden. Bei eingeschalteter NTP Synchronisation versucht die Zentraleinheit nach dem Start zunächst die Uhrzeit von NTP Server 1 zu beziehen. Falls dieser Server nicht verfügbar ist, wird automatisch auf den NTP Server 2 umgeschaltet. Falls NTP Server 2 nicht verfügbar ist, wird wieder auf NTP Server 1 geschaltet.

Wenn beide Server für mehrere Sekunden nicht antworten, zeigt die Zentraleinheit den unsynchronisierten Zustand durch schnelles Blinken an.

3.1.5 Aktualisieren der Software von Zentraleinheit und Sensoren

Ein Software Update kann mit dem Knopf "SW aktualisieren" durchgeführt werden. Es wird eine Dialogbox zur Aktualisierung aller angeschlossenen Komponenten geöffnet (siehe **Abbildung 20**).

| 陣 SW aktualis | ieren | | | | | _ | | × | |
|---|------------------|---|--|--|------------------|---|--------|------|--|
| Software File Auswählen iPSensorBase.ssu Starte Update | | | | | | | | | |
| | | Aktuelle Version der Gerätesoftware | Software Version in der Update Datei | Soll die Software installiert werden? | Upload Status | | | | |
| ipsensor Base | e | V1.05.000 | V1.06.000 | ~ | | | | | |
| Sensor ID: 1 | Typ: ipsensor 3 | V1.03.000 | | | | | | | |
| Sensor ID: 3 | Typ: ipsensor 12 | V1.04.000 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Schlie | eßen | |

Abbildung 20: Softwareaktualisierung der Zentraleinheit

Erst muss die entsprechende ".ssu" Datei über ein Dateidialog-Fenster ausgewählt werden. Dann werden die Auswahlboxen aller Komponenten freigegeben, die mit der gewählten Datei aktualisiert werden können. Mit dem Drücken des Knopfs "Starte Update" können alle ausgewählten Komponenten aktualisiert werden.

Der Fortschritt der Aktualisierung wird auf dem Fortschrittsbalken angezeigt und der aktuelle Upload Status wird in der Tabelle dargestellt.

Mit dem "Stopp" Knopf kann das Update mehrerer Komponenten unterbrochen werden, in dem die aktuell aktualisierende Komponente noch fertig aktualisiert wird und das Update danach beendet wird.

Wenn das Update Fenster während dem Update einer Komponente geschlossen wird, wird der Aktualisierungsvorgang beendet. Die aktuell aktualisierende Komponente kann dadurch mit einer unvollständigen Software zurückgelassen werden, und muss in diesem Falle erst wieder aktualisiert werden, bevor diese wieder in Betrieb genommen werden kann.

3.1.6 Finden von Zentraleinheiten im Subnetz

Mit dem Knopf "Finde ZE" können alle Zentraleinheiten mit der aktuellen Software im Subnetz gefunden werden. Anschließend wird eine Tabelle angezeigt, in der einige Informationen zu den angeschlossenen Zentraleinheiten zu finden sind, wie der Produktname, die Seriennummer, die IP Kommunikationsparameter und die MAC Adresse (siehe **Abbildung 21**).

| ip Fi | nde ZE | | | | | | | _ | |
|-------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------|
| Akt | ualisieren Schreil | ben | | | | | | | |
| | Produktname | Seriennummer | Hostname | TCP/IP Adresse | Subnetzmaske | Standardgateway | MAC Adresse | DHCP Status | Upload Status |
| • | iPSensor | 1023 | | 192.168.127.63 | 255.255.255.0 | 0.0.0.0 | 70-B3-D5-3F-60-17 | Deaktiviert | |
| | iPSensor | 1022 | ipsensor1022 | 192.168.127.113 | 255.255.255.0 | 192.168.127.254 | 70-B3-D5-3F-60-16 | Aktiviert | |
| | iPSensor | 1021 | x-61 | 192.168.127.116 | 255.255.255.0 | 192.168.127.254 | 70-B3-D5-3F-60-15 | Aktiviert | |
| | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | Þ |
| | | | | | | | | ОК | Abbruch |

Abbildung 21: Finden der Zentraleinheiten im Subnetz

Mit dem Knopf "Aktualisieren" kann die Tabelle der gefundenen Zentraleinheiten im Subnetz neu erstellt werden. Die IP Kommunikationsparameter (IP Adresse, Subnetzmaske und Standardgateway) der Zentraleinheiten können verändert werden und mit dem Knopf "Schreiben" in die jeweilige Zentraleinheit hochgeladen werden. Vor dem Hochladen werden die gesetzten Parameter auf Plausibilität geprüft. Der Status der hochgeladenen bzw. hochzuladenden Kommunikationsparameter wird in der Spalte "Upload Status" angezeigt.

Wenn der DHCP Status aktiviert wird, werden die IP Parameter automatisch gesetzt und anschließend angezeigt. Es kann ein Hostname eingetragen werden mit dem die Zentraleinheit auch anstatt der normalen IP Adresse angesprochen werden kann.

Wenn DHCP deaktiviert wird, muss eine neue statische IP Adresse mit plausibler Subnetzmaske manuell gesetzt werden.

Zentraleinheiten die DHCP noch nicht unterstützen werden entsprechend mit ausgegrauten DHCP Optionen angezeigt.

3.1.7 Modbus IDs zuweisen

Mit dem Knopf "Modbus ID zuweisen" können die Modbus IDs aller, über die serielle Schnittstelle angeschlossenen, Zentraleinheiten mit ihrer jeweiligen Seriennummer ausgelesen werden (siehe **Abbildung 22**).



Abbildung 22: Modbus IDs zuweisen

Bei offenem COM Port können die Modbus IDs der Zentraleinheiten, die über die serielle Schnittstelle an das ipsensor service tool angeschlossen sind, mit deren Seriennummer überprüft und neu gesetzt werden. Dies ist relevant, wenn zwei Zentraleinheiten an einem COM Port die gleiche Modbus ID haben.

3.1.8 Zuordnung der Sensoren

Mit dem "Verbinden" bzw. "Erneut identifizieren" Knopf wird die Liste der angeschlossenen Sensoren aus der Zentraleinheit ausgelesen. Jeder Sensor hat eine eindeutige Seriennummer.

| 陣 ipsensor service tool | | | | | | _ | × |
|-----------------------------|------------------------|---|-----------------------|-------------|------------------|---|------|
| Konfiguration Hilfe | | | | | | | |
| Messsystem Registerkonfigur | ation | | | | | | |
| Sprache | Deutsch | • | Zugeordnet | | Nicht zugeordnet | | |
| Modbus Verbindung | TCP/IP | ~ | | | | | |
| Modbus ID | 1 | ~ | Seriennummer: 2000 Se | ensor ID: 1 | | | |
| TCP/IP Adresse | 192.168.127.107 | | | | | | |
| | Serielle Konfiguration | 1 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | Abtrennen |] | Seriennummer: 2056 Se | ensor ID: 3 | | | |
| Auto 🗖 | Liste aktualisieren | | | | | | |
| | Erneut identifizieren | | | | | | |
| | ZE Konfiguration | | | | | | |
| | SW aktualisieren | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | Finde ZE | | | | | | |
| | Modbus ID zuweisen | | | | | | |
| | | | | | | | |

Abbildung 23: verbundenes ipsensor Software Tool

Bei der Zuordnung der Sensoren wird den einzelnen Sensoren eine ID zugeordnet. Die ID entspricht einem Sensorplatz innerhalb des Systems und wird später verwendet, um die Register des jeweiligen Sensors auszulesen. In dem jeweiligen Kästchen das einen Sensor symbolisiert, ist sowohl die ID als auch die Seriennummer zu sehen (siehe **Abbildung 23**).

Nach dem Auslesen werden Sensoren, die noch nicht zugeordnet sind, in der rechten Spalte dargestellt. Diese Sensoren werden **Rot – Weiß blinkend** dargestellt. Sensoren denen bereits eine ID zugeordnet wurde, werden in der linken Spalte dargestellt. Diese Sensoren werden Weiß dargestellt.

Die Fehlerzustände der zugeordneten Sensoren werden folgendermaßen angezeigt:

| Zustand | Beschreibung |
|---------------------|--|
| Anzeige blinkt Grün | Der Sensor hat sich noch nicht mit der Zentraleinheit synchronisiert Die Blaue LED am Sensor blinkt schnell |
| Anzeige blinkt Gelb | Der Sensor hat die Applikation nicht gestartet, weil diese defekt ist. Es muss eine neue Applikation in den Sensor geladen werden |
| Anzeige blinkt Rot | Der Sensor reagiert nicht mehr am Sensorbus |

Über den Knopf "Liste aktualisieren" wird eine Aktualisierung der Fehlerzustände abgefragt. Wenn die "Auto" Checkbox aktiviert ist, wird der Zustand alle 3 Sekunden automatisch aktualisiert.

Wenn sich der Mauszeiger über einem Sensor befindet, wird dieser Sensor in der PC Oberfläche Blau dargestellt. Gleichzeitig wird die LED an dem entsprechenden physischen Sensor angeschaltet. Über die leuchtende LED kann der Sensor in der Konfigurationsansicht einfach in der Anlage identifiziert werden.

Um einem Sensor eine ID zuzuweisen, wird der entsprechende Sensor einfach bei gedrückter linker Maustaste auf einen Sensorplatz gezogen. Wenn der Sensorplatz bereits belegt ist, wird der vorhandene Sensor automatisch auf den nächsthöheren Platz geschoben.

3.1.9 Konfiguration der einzelnen Messstellen der Sensoren

Über das Kontextmenu "Sensorkonfiguration", das mit Rechtsklick auf einen Sensor geöffnet (siehe **Abbildung 24**) wird, wird das Fenster zur Sensorkonfiguration geöffnet.

| Zugeordnet | | Nicht zugeordnet |
|--------------------|---------------------|------------------|
| Seriennummer: 2000 | Sensor ID: 1 | |
| | Sensorkonfiguration | |
| | Messwerte | |
| | | |
| Seriennummer: 2056 | Sensor ID: 3 | |
| | | 1 |

Abbildung 24: Rechtsklick auf einen Sensor

In dem Fenster wird die entsprechende Spannungsphase für die jeweilige Messstelle, sowie die Stromrichtung durch den gesamten Sensor, eingestellt (siehe **Abbildung 25**). Bei den CT Sensoren wird die Polarität pro Messstelle eingestellt und es kann außerdem das Übersetzungsverhältnis für jede Messstelle konfiguriert werden (siehe **Abbildung 26**). Mit OK werden die eingestellten Werte für den jeweiligen Sensor gespeichert.

| 🏴 Sensork | configuration | | _ | | × |
|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------|-------|-----|
| Sensor ID: Stromrichtu | 2 Ty ing R | rp: ipsensor 3 egulär | • | | |
| | Messstelle 01 | Messstelle 02 | Messstelle 03 | | |
| Phase | Phase L1 | Phase L2 | Phase L3 | | |
| | | | | Detai | ls |
| | | | ОК | Abbr | uch |

Abbildung 25: Sensorkonfiguration eines 3er Sensors

Wenn die einstellbaren Modbus Register verwendet werden, muss diese Phasenzuordnung bei der Erstellung der Registerkonfiguration durchgeführt werden. Dieser Prozess ist im Kapitel "Konfiguration der Sensoren" beschrieben.

| i | Sensorkonfiguration | | _ | |
|---|------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| s | iensor ID: 7 | Typ: ipsensor 12 ext | ern | |
| | | Messstelle 01 | Messstelle 02 | Messstelle 03 |
| ۲ | Phase | Phase L1 | Phase L1 | Phase L2 |
| | Polarität | Invertiert | Regulär | Regulär |
| | Übersetzungsverhältnis | 500 | 1 | 10 |
| • | | | | Þ |
| | | | | Details |
| | | | ок | Abbruch |

Abbildung 26: Sensorkonfiguration eines CT Sensors

Mit einem Klick auf den "Details"-Knopf wird das Fenster zu den Sensordetails geöffnet. In dem Fenster können verschiedene Konfigurationswerte der Sensoren ausgelesen werden. Die Darstellung dient allein der Information, der Anwender kann die Einstellungen nicht verändern.

3.1.10 Auslesen der Messwerte der Sensoren

Über ein Kontextmenü das mit Rechtsklick auf einen Sensor geöffnet wird, wird das Fenster zum Auslesen der aktuellen Messwerte geöffnet (siehe **Abbildung 27**).

| 🏴 Messwerte | | _ | | × |
|--------------------------|---------|---|-------|------|
| Sensor ID | 1 | | | |
| Stromunabhängige Messwe | rte | | | |
| Frequenz [Hz] | 50,02 | | | _ |
| Spannung (Phase L1) [V] | 234,271 | | | _ |
| Spannung (Phase L2) [V] | 234,273 | | | _ |
| Spannung (Phase L3) [V] | 234,118 | | | |
| Spannung (L1-L2) [V] | 1,38 | | | |
| Spannung (L2-L3) [V] | 1,571 | | | |
| Spannung (L3-L1) [V] | 1,368 | | | |
| Stromabhängige Messwerte | • | | | |
| Messstelle | 1 | | | • |
| Strom [A] | 10,887 | | | |
| Wirkleistung [W] | 2545,5 | | | |
| Scheinleistung [VA] | 2550,6 | | | |
| Blindleistung [VA] | 161,5 | | | |
| Cosinus Phi | 0,997 | | | |
| | | | | |
| | | | Schli | eßen |

Abbildung 27: Aktuelle Messwerte

Das Fenster enthält einen stromunabhängigen Teil, in dem die gemessenen Spannungswerte für alle Phasen und die Dreiecksspannungen dargestellt werden. Im stromabhängigen Teil wird eine Messstelle ausgewählt. Für diese ausgewählte Messstelle werden die Strom und Leistungswerte angezeigt. Es werden jeweils die Sekundenwerte dargestellt. Die Messwerte werden im Rhythmus einer Sekunde aktualisiert.

3.2 Konfiguration der einstellbaren Modbus Register



Über die Registerkonfiguration bietet ipsensor eine logische Registerschnittstelle nach außen an. Der Anwender definiert Geräte, die auf das Messsystem "ipsensor" zugreifen. Ein Gerät kann dabei ein oder drei Phasen haben und dementsprechend viele Messstellen benutzen. Zu den einzelnen Geräten kann der Anwender dann Register anlegen, die die Messgrößen des gesamten Gerätes wie z.B. Wirkleistung oder Cosinus Phi zurückliefern. Der Bereich der einstellbaren Register kann vom Benutzer mit dem ipsensor service tool konfiguriert werden (siehe **Abbildung 29**).

| 🏴 ips | ensor service tool | | | | | | | | _ | | × |
|--------|---|-------------|--------------|----------------|--------|---------|----------|--|---|--|---|
| Konfig | uration Hilfe | | | | | | | | | | |
| Messsy | stem Registerkonfi | guration | | | | | | | | | |
| Senso | Neu Laden Speichern Upload Download Prüfen Lesen Export Reset Schreiben Sensorkonfiguration Gerätekonfiguration Registerkonfiguration Registerkon | | | | | | | | | | |
| Reg | ister Typ | Float | • | Intervalllänge | 15 | Min. | • | | | | |
| | Adresse | Gerät | Messgröße | Wert | Teiler | Einheit | Messwert | | | | |
| • | 0 | Motor | Phase L1 | Momentanwert | 1000 | V | 0 | | | | |
| | 1 | Motor | Frequenz | Momentanwert | 100 | Hz | 0 | | | | |
| | 2 | Motor | Strom | Mittelwert | 1000 | A | 0 | | | | |
| | 3 | Motor | Wirkleistung | Mittelwert | 10 | w | 0 | | | | |
| | 4 | Motor | Cosinus Phi | Mittelwert | 1000 | | 0 | | | | |
| | 5 | Motor | Wirkenergie | Auf- / Abwärts | 1000 | kWh | 0 | | | | |
| | 6 | Beleuchtung | Wirkenergie | Aufwärts | 1000 | kWh | 0 | | | | |
| | 7 | Beleuchtung | Strom | Momentanwert | 1000 | A | 0 | | | | |
| * | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Abbildung 29: Registerkonfiguration des ipsensor

3.2.1 Konfigurationsprozess

Die Konfiguration der einstellbaren Register wird auf dem Tab Registerkonfiguration im ipsensor service tool durchgeführt. Die Konfiguration kann in einer Datei gespeichert und aus der Datei geladen werden. Für die Bearbeitung der Konfiguration ist zunächst keine Anbindung des Service Tools an ein ipsensor Messsystem notwendig. Die Konfiguration kann offline auf logische Fehler überprüft werden.

Nach der Erstellung kann die Konfiguration in das Messsystem geladen werden (**Upload**). Vor dem Upload wird die Konfiguration auf logische Fehler und auf Kompatibilität zur Hardware überprüft.

Die Konfiguration kann auch aus der Hardware geladen werden (**Download**).



Abbildung 30: Schema der Konfiguration

Die Konfiguration besteht aus dem im Diagramm dargestellten Elementen mit ihren jeweiligen Attributen. Bei der Speicherung in einer Datei, werden alle Elemente in einem Konfigurationsfile abgelegt. Bei der Speicherung in der ipsensor Hardware, werden die Register, Geräte und Texte in der Zentraleinheit abgelegt.

Die verfügbaren Sensoren speichern die Zuordnung der Phase zu jeder Messstelle. Mit "**Download**" kann die Konfiguration auch wieder aus einer Anlage geladen werden.

3.2.2 Konfiguration der Sensoren

Im Tab "Sensorkonfiguration" können die Sensoren konfiguriert werden (siehe **Abbildung 31**). Die Sensoren müssen mit den verfügbaren Sensoren der Anlage übereinstimmen. Zu jeder Messstelle muss festgelegt werden, zu welcher Phase der zugehörige Leiter gehört. Außerdem kann die Stromrichtung durch einen Sensor eingestellt werden. Für externe Sensoren (CT Sensoren) kann dies ebenfalls pro Messstelle eingestellt werden. Außerdem bieten externe Sensoren die Möglichkeit das Übersetzungsverhältnis einzustellen.



| 陣 ipsensor service to | ol | | | | | | | - 0 | × |
|---|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| Konfiguration Hilfe | | | | | | | | | |
| Messsystem Registerko | onfiguration | | | | | | | | |
| Neu | Laden | Speichern | Upload | Download | Prüfen | Lesen | Export Re | eset Schre | iben |
| Sensorkonfiguration Gerätekonfiguration Registerkonfiguration | | | | | | | | | |
| - Sensor ID: 2 Typ: ipsensor 3 Entfi | | | | | | | | ernen | |
| Stromric | htung | Regulär | • | | | | | | |
| Mess | stelle 01 | Messstelle 02 | Messstelle 03 | | | | | | |
| Phase Phase | e L1 P | Phase L2 | Phase L3 | | | | | | |
| - Sensor II | Sensor ID: 7 Typ: ipsensor 12 extern | | | | | | | | ernen |
| | Mess | sstelle 01 M | Nessstelle 02 | Messstelle 03 | Messstelle 04 | Messstelle 05 | Messstelle 06 | Messstelle 07 | Messste |
| Phase | Phase | se L1 Pł | hase L1 | Phase L2 | Phase L3 | Phase L1 | Phase L1 | Phase L1 | Phase L |
| Polarität | Invert | rtiert R | egulär | Regulär | Regulär | Regulär | Regulär | Invertiert | Regulär |
| Übersetzungsverhä | ältnis 500 | 1 | | 10 | 10 | 50 | 1 | 200 | 5 |
| • | | | | | | | | | Þ |
| + Sensor II | D: 9 | Typ: ipsens | sor 12 | | | | | Entfe | ernen |
| _ | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Abbildung 31: Sensorkonfiguration des ipsensor üleiste können unter dem Menüpunkt "Konfiguration", über das "Senso

Über die Menüleiste können unter dem Menüpunkt "Konfiguration", über das "Sensorsetup", neue Sensoren hinzugefügt werden (siehe **Abbildung 32**). Die Sensor ID und der Sensortyp können nach dem Hinzufügen nicht mehr verändert werden ohne dass der Sensor aus der Sensorkonfiguration entfernt und neu erstellt wird.

| 🏴 Sensorsetup | | | | | | - 0 | × |
|------------------------|--------------------|---------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|----|
| Sensor ID | 1 | ✓ Pha | senkonfiguration | Alle Messstelle | n L1 💌 | | |
| Тур | ipsensor 12 extern | ▼ Stro | mrichtung | Regulär | ~ | | |
| | Messstelle 01 | Messstelle 02 | Messstelle 03 | Messstelle 04 | Messstelle 05 | Messstelle 06 | Me |
| Polarität | Regulär | Regulär | Regulär | Regulär | Regulär | Regulär | Re |
| Übersetzungsverhältnis | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| • | | | | | | | Þ |
| | | | | | ОК | Abbru | ch |

Abbildung 32: Sensorsetup

3.2.3 Konfiguration der Geräte

Im Tab "Gerätekonfiguration" können die Geräte konfiguriert werden (siehe **Abbildung 33**). Es können bis zu 120 Geräte angelegt werden. Die Geräte bekommen einen Namen, um sie im weiteren Konfigurationsprozess leichter unterscheiden zu können und eine ID von 0 - 255. Die ID wird vom Benutzer vergeben und muss eindeutig sein. Lücken sind dabei zulässig und die Reihenfolge ist beliebig. Jedes Gerät ist entweder einphasig oder dreiphasig konfiguriert. Entsprechend der Phasenzahl müssen eine oder drei Messstellen zugeordnet werden. Bei dreiphasigen Geräten muss keine definierte Reihenfolge für die drei Phasen L1, L2 und L3 eingehalten werden.



| 🏴 ips | ensor service tool | | | | | | | — | | | |
|--------|---|-------------|---------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|
| Konfig | uration Hilfe | | | | | | | | | | |
| Messsy | Messsystem Registerkonfiguration | | | | | | | | | | |
| Senso | Neu Laden Speichern Upload Download Prüfen Lesen Export Reset Schreiben Sensorkonfiguration Gerätekonfiguration Registerkonfiguration Image: Control of the sense of the se | | | | | | | | | | |
| | ID | Name | Тур | Sensor ID für Phase 1 | Messstelle für Phase 1 | Sensor ID für Phase 2 | Messstelle für Phase 2 | Sensor ID für Phase 3 | Messstelle fü Phase 3 | | |
| • | 1 | Motor | 1 Phase | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 2 | Beleuchtung | 1 Phase | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| * | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| ┛ | | | | | | | | | • | | |

Abbildung 33: Gerätekonfiguration des ipsensor

Zur einfacheren Bedienung ist ein Tool zur automatischen Erstellung eines Gerätes über die Menüleiste, unter dem Menüpunkt "Konfiguration" über das "Gerätesetup", verfügbar (siehe **Abbildung 34**). Hier kann der Name und Typ (1-phasig oder 3-phasig) des Geräts eingegeben werden und danach können die Messstellen der erstellten Sensoren zugewiesen werden.

Es gibt außerdem die Option alle bereits zugewiesenen Messstellen in der Auswahl zu verbergen. Ist der Messstellen-Editor leer, dann sind alle Messstellen eines Sensors bereits mindestens einem Gerät zugeordnet.

Vor dem Erstellen des Geräts werden die Eingaben auf ihre Validität überprüft und ggf. ein Fehlerfenster angezeigt.

Die Geräte ID wird mit diesem Tool automatisch auf die nächste freie ID zugewiesen.

| 🏴 Gerätesetup | | | _ | |
|-----------------------|-------------------|------------------------|---------|---------|
| Name | Motor | Тур | 1 Phase | - |
| Zugewiesene Messp | unkte verbergen 🔲 | | | |
| Sensor ID für Phase 1 | 2 | Messstelle für Phase 1 | 3 | • |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | OK | Abbruch |

Abbildung 34: Gerätesetup

3.2.4 Konfiguration der Register

Im Tab "Registerkonfiguration" können die Register konfiguriert werden (siehe **Abbildung 29**). Es können bis zu 2032 32-Bit Register angelegt werden. Jedes Register stellt eine Messgröße für ein Gerät dar. Dieser Wert entspricht der eindeutigen Kombination aus Gerät, Messgröße und Wert.

Den Registern muss eine eindeutige interne Adresse zwischen 0 und 2031 gegeben werden. Lücken sind dabei zulässig und die Reihenfolge ist beliebig.

Zu der internen Registeradresse wird beim Auslesen auf dem Modbus noch ein Offset von **0xC000 HEX / 49.152 DEC** hinzuaddiert.

Da es sich um 32 Bit Register handelt

- müssen immer zwei 16 Bit Modbus Register ausgelesen werden. Das Bit 0 der Adresse unterscheidet dabei das High und Low Register.
- Muss bei der Adressberechnung für den Modbus die interne Registeradresse mit 2 multipliziert werden.

Die Messwerte werden als Big Endian Data übertragen. Die Daten in den "Read Holding Register" Botschaften haben diese Bedeutung:

| Register N | | Register N+1 | | |
|--------------|--------|--------------|--------------|--|
| Byte 3 (MSB) | Byte 2 | Byte 1 | Byte 0 (LSB) | |

Alternativ zur manuellen Erstellung der Register, im Tab "Registerkonfiguration", kann über das Menü "Konfiguration" in der Menüleiste das Item "Registersetup" ausgewählt werden, um die Register automatisch zu erstellen. Damit öffnet sich ein Fenster mit mehreren automatischen Registervarianten (siehe **Abbildung 35**).

| 陣 Registersetup | _ | o x |
|--|----------------------|---------|
| Standardvorlagen zur automatischen Registererstellung | 1 - Mean values only | • |
| | ОК | Abbruch |

Abbildung 35: Registersetup

Die unterschiedlichen Varianten für die automatische Registererstellung sind mit einer Dropdown-Liste wählbar. Durch das Drücken des "OK"-Knopfs werden die Register der gewählten Variante automatisch für die erstellten Geräte erzeugt.

3.2.5 Registerfunktionen

Die Register stellen physikalische Größen als SI Einheiten dar.

Um den Zugriff verschiedener Managementsoftware Typen zu unterstützen, können diese Größen entweder als Single Precision Float in der üblichen IEEE 754 Bitdarstellung oder als 32 Bit Integer ausgelesen werden. Die Umstellung erfolgt mit der "Register Typ" Einstellung.

Da die Anforderungen an die Genauigkeit der Werte auch Stellen nach dem Komma benötigen, muss bei Verwendung der Integer Schnittstelle der ausgelesene Wert noch durch einen Teiler geteilt werden, um den korrekten Wert zu erhalten.

| Messgröße | Einheit | Teiler |
|------------------|---------|--------|
| Stromstärke | A | 1000 |
| Wirkleistung | W | 10 |
| Scheinleistung | VA | 10 |
| Blindleistung | VA | 10 |
| Cosinus Phi | - | 1000 |
| Spannung | V | 1000 |
| Frequenz | Hz | 100 |
| Wirkenergie | kWh | 1000 |
| Dreiecksspannung | V | 1000 |

Für jede Messgröße werden diese Werte angeboten:

| Wert | Beschreibung |
|--------------|--|
| Mittelwert | Gebildet über ein Messintervall |
| | aktualisiert. |
| Minimum | Gebildet über ein Messintervall |
| | Der Messwert wird einmal pro Messintervall aktualisiert. |
| Maximum | Gebildet über ein Messintervall |
| | Der Messwert wird einmal pro Messintervall aktualisiert. |
| Momentanwert | Gebildet über eine Sekunde |
| | Der Messwert wird einmal pro Sekunde aktualisiert. |

Das Register für die Wirkenergie stellt dabei eine Besonderheit dar:

Hier handelt es sich um einen Zähler, der den Wert der Wirkleistung akkumuliert und über das Register ausgelesen werden kann. Deswegen ist bei diesem Register die Unterscheidung zwischen Minimum, Maximum, Mittelwert und Momentanwert bedeutungslos. Stattdessen kann bei den Zählern die Zählweise eingestellt werden:

| Wert | Beschreibung |
|------------------|---|
| Auf / Abwärts | Der Zähler zählt sowohl positive als auch negative Wirkleistung |
| Abwärts | Der Zähler zählt nur negative Wirkleistung |
| Aufwärts | Der Zähler zählt nur positive Wirkleistung |
| Nicht zugeordnet | Der Zähler zählt nicht |

Der Zähler wird jeweils am Ende eines Messintervalls um den entsprechenden Mittelwert der Wirkleistung multipliziert mit der Länge des Messintervalls aktualisiert. Pro Gerät kann nur ein Zähler konfiguriert werden.

3.2.6 Auslesen der Registerwerte

Mit dem "Lesen" Knopf können die konfigurierten Registerwerte gelesen werden. Die aktuellen Messwerte werden in der Spalte "Messwert" angezeigt. Die Anzeige in der Spalte berücksichtigt bereits den Teiler für die jeweilige Messgröße.

3.2.7 Schreiben der Registerwerte in eine Datei

Mit dem "Schreiben" Knopf können die konfigurierten Registerwerte in einem einstellbaren Verzögerungsintervall (alle x Sekunden) gelesen und in eine generische .csv Datei oder in eine Microsoft Excel File geschrieben werden. Beim Starten des Schreibvorgangs wird die generische .csv Datei geschlossen und beim Stoppen wird die nun weiter beschriebene Datei wieder geöffnet, sie kann allerdings auch während des Schreibens mit den "Datei öffnen" Knopf eingesehen werden. Beim Schreiben in eine Excel Datei darf die Excel Tabelle während des Schreibvorgangs nicht geschlossen werden und wird live mit den geschriebenen Messwerten ergänzt.

Als dritte Option ist jetzt das Schreiben in Splunk .csv Dateien möglich. Hier wird erst ein Ordner gewählt, in dem alle neu geschriebenen .csv Dateien abgelegt werden. Der Ordner, oder auch einzelne .csv Dateien, können dann in die IoT-Plattform Splunk (oder eine andere IoT Plattform, die die Datenanalyse aus .csv Dateien unterstützt) eingelesen werden. Der Name der erzeugten Dateien setzt sich aus dem Gerätenamen mit Seriennummer und dem Datum, an dem angefangen wurde zu schreiben, zusammen. Die Größe der einzelnen Dateien ist begrenzt und wenn eine Datei zu groß wird, wird eine weitere erzeugt.

3.2.8 Optionen für .csv Trennzeichen

Über das Menü "Konfiguration" in der Menüleiste kann das Item "Optionen" gewählt werden. Beim Auswählen des Menüpunktes öffnet sich ein Popup-Fenster in dem Eingabefelder zur Individualisierung der erstellten .csv-Trennzeichen zu finden sind (siehe **Abbildung 36**).

| 🏴 Optionen | _ | | Х |
|--|----|------|-----|
| .csv Datei - Trennzeichen .csv Datei - Dezimaltrennzeichen | | | |
| | ОК | Abbr | uch |

Abbildung 36: Optionen für .csv Trennzeichen

Bei der Erstinitialisierung werden die Trennzeichen auf die üblichen Symbole für die jeweilige Regionseinstellung des PCs verwendet. Durch Drücken des "OK"-Knopfs werden die eingetragenen Trennzeichen gespeichert. Wenn eines oder beide Felder beim Drücken des "OK"-Knopfs leer sind, dann werden die jeweiligen Trennzeichen wieder auf die standardmäßigen Regionseinstellungen des PCs zurückgesetzt.

3.2.9 Abspeichern der Registerkonfiguration

Mit dem "Export" Knopf kann die Registerkonfiguration in eine Datei geschrieben werden.

Es öffnet sich eine Dialogbox, in der das Format des Files ausgewählt wird. Im generischen Format enthalten die Spalten diese Informationen:

| Funktion | Kommentar |
|-----------------------------------|---|
| Registeradresse | Dezimalzahl Adresse auf dem Modbus |
| Messgröße des Registers als Index | 0 Stromstärke 1 Wirkleistung 2 Scheinleistung 3 Blindleistung 4 CosPhi 5 Spannung L1 6 Spannung L2 7 Spannung L3 8 Frequenz 9 Wirkenergie 10 Dreiecksspannung L1-L2 11 Dreiecksspannung L2-L3 12 Dreiecksspannung L3-L1 |
| Messgröße des Registers als Text | |
| Geräte ID | Wie vom Benutzer vergeben |
| Gerätename als Text | Wie vom Benutzer vergeben |
| Teiler | Dezimalzahl Abhängig von der Messgröße |
| Wert als Index | 0 Mittelwert 1 Minimum 2 Maximum 3 Sekundenwert |
| Wert als Text | |
| Einheit als Text | Abhängig von der Messgröße |

Zur einfachen Integration von ipsensor in andere Softwareumgebungen, können angepasste, spezialisierte Exportfiles erzeugt werden. Diese können dann in der jeweiligen Software importiert werden, um einen einfachen Zugriff auf die konfigurierten Register zu erhalten.

Der Export unterscheidet sich dabei je nach Verwendung von Floating Point Zahlen oder Integer Registern.



Für jedes Register wird ein Name aus dem Namen des benutzen Geräts, der jeweiligen Messgröße und dem Wert gebildet.

Bei der Verwendung von Umlauten ist dabei darauf zu achten, ob die jeweilige Software auch Files mit Umlauten importieren kann.

3.2.10 Reset der Wirkenergiezähler

Mit dem "Reset" Knopf können alle oder einzelne Zähler für die Wirkenergie zurückgesetzt werden.

3.2.11 Mögliche Konflikte und Fehler

Die Konfiguration wird auf Fehler gegen die verbaute Hardware bzw. auf logische Fehler innerhalb der Konfiguration getestet. Der Anwender bekommt bei Fehlern einen Hinweis mit Beschreibung des Konflikts. Der Ladevorgang in die Zentraleinheit wird abgebrochen.

Bei Warnungen kann die Konfiguration in die Zentraleinheit geladen werden.

Logische Konflikte können ohne Zentraleinheit erkannt werden.

Die Konfiguration wird zunächst auf logische Fehler geprüft. Wenn die Konfiguration frei von logischen Fehlern ist, wird sie auf Kompatibilität zur Hardware überprüft.

| Konflikt | Art des Konfliktes | Fehlerart |
|---|-----------------------|---|
| Eine Sensor ID ist in der Konfiguration enthalten aber in der Anlage nicht vorhanden | Hardware | Fehler |
| Eine Sensor ID ist in der Anlage enthalten aber in der Konfiguration nicht vorhanden | Hardware | Warnung |
| Die Konfiguration enthält einen Sensor, der mehr Messstellen enthält als der entsprechende Sensor in der Anlage | Hardware | Fehler |
| Die Konfiguration enthält einen Sensor, der weniger Messstellen enthält als der entsprechende Sensor in der Anlage | Hardware | Warnung |
| Die Phase einer benutzten Messstelle in der Konfiguration ist anders zugeordnet als in der Anlage | Hardware | Hinweis Der Wert aus der Konfiguration wird in die Anlage geschrieben |
| Zwei Geräte benutzen die gleiche ID | Logik | Fehler |
| Die Anzahl der Geräte ist größer als zulässig | Logik | Fehler |
| Einem Gerät wurde mehr als ein Zähler zugeordnet | Logik | Fehler |
| Einem dreiphasigen Gerät wurden nicht allen drei Messstellen zugeordnet | Logik | Fehler |
| Einem einphasigen Gerät wurde keine | Logik | Fehler |

| Messstelle zugeordnet | | |
|---|-------|--------|
| Einer benutzten Messstelle wurde keine Phase zugeordnet | Logik | Fehler |
| Einem Gerät wurde eine Messstelle zugeordnet, zu der es keinen Sensor gibt. | Logik | Fehler |
| Einem dreiphasigen Gerät wurden nicht drei Messstellen mit allen Phasen zugeordnet | Logik | Fehler |
| Ein Register greift auf ein Gerät zu, das es in der Konfiguration nicht gibt | Logik | Fehler |
| Die interne Adresse eines Registers ist größer als die maximal zulässige Zahl | Logik | Fehler |
| Zwei Register benutzen die gleiche interne Adresse | Logik | Fehler |
| Der Speicherbedarf ist aufgrund der langen Texte zu groß | Logik | Fehler |
| Der Sensortyp eines Sensors in der Konfiguration stimmt nicht mit demselben Sensor im Hardware Setup überein | Logik | Fehler |
| Ein externer Sensor hat eine Messstelle mit einem Übersetzungs- verhältnis von weniger als 1 | Logik | Fehler |



3.3 Betrieb

Während des Betriebs werden kontinuierlich die Daten gemessen und als Modbus Registerinhalte angeboten. Eine entsprechende Energy Managenment Software greift auf die Register zu und benutzt die gelesenen Daten.

Alle Messwerte werden als 32 Bit Werte abgelegt. Für einen vollständigen Messwert müssen also immer zwei 16-Bit Modbus Register ausgelesen werden. Zum Auslesen wird das Kommando "03 Read Holding Register" benutzt.

Die Messwerte werden als Big Endian Data übertragen. Die Daten in den "Read Holding Register" Botschaften haben diese Bedeutung:

| Register N | | Register N+1 | | |
|--------------|--------|--------------|--------------|--|
| Byte 3 (MSB) | Byte 2 | Byte 1 | Byte 0 (LSB) | |

Für die einzelnen Messgrößen gibt es jeweils einen Wert mit den Daten der letzten Sekunde.

Zusätzlich gibt es Minimum, Maximum und Mittelwert über ein Messintervall.

Die Register stellen physikalische Größen als Integer dar. Diese Größen haben jeweils eine SI Einheit. Da die Anforderungen an die Genauigkeit der Werte Stellen nach dem Komma benötigen, muss der Integer Wert noch durch einen Teiler geteilt werden, um den korrekten Wert zu erhalten.

Folgende Messgrößen werden angeboten:

| Messung | Hinweise | Einheit | Teiler |
|---------------------------|---------------------------|---------|--------|
| Effektivwert der Spannung | Für L1, L2, L3 | V | 1000 |
| Frequenz | Wird nur aus L1 ermittelt | Hz | 100 |
| Effektivwert des Stroms | Für jede Messstelle | А | 1000 |
| Wirkleistung | Für jede Messstelle | W | 10 |
| Scheinleistung | Für jede Messstelle | VA | 10 |
| Blindleistung | Für jede Messstelle | VA | 10 |
| Cosinus Phi | Für jede Messstelle | | 1000 |
| Wirkenergie | Für konfigurierte Geräte | kWh | 1000 |
| Dreiecksspannung | Für L1-L2, L2-L3, L3-L1 | V | 1000 |

3.3.1 Adressen der einstellbaren Modbus Register

In der Konfiguration können bis zu 2032 32 Bit Register angelegt werden. Jedes Register stellt eine Messgröße für ein Gerät dar. Dieser Wert entspricht der eindeutigen Kombination aus Messgröße, Wert und Gerät.

Die Register haben eine eindeutige interne Adresse zwischen 0 und 2031.

Zu der internen Registeradresse wird beim Auslesen auf dem Modbus noch ein Offset von **0xC000 HEX / 49.152 DEC** hinzuaddiert.



Da es sich um 32 Bit Register handelt

- müssen immer zwei 16 Bit Modbus Register ausgelesen werden. Das Bit 0 der Adresse unterscheidet dabei das High und Low Register.
- muss bei der Adressberechnung für den Modbus die interne Registeradresse mit 2 multipliziert werden.

Die Konfiguration der einstellbaren Register ist im Kapitel "Konfiguration der einstellbaren Modbus Register" beschrieben.

Diese Register können entweder für Integer oder für Floating Point Zahlen konfiguriert werden.

3.3.2 Adressen der fest definierten Modbus Register

Über die fest definierten Modbus Register können die Messwerte eines Sensors direkt ohne Konfiguration ausgelesen werden.

Die Anzahl der Modbus Register ist aufgrund der sehr großen Anzahl der Messstellen, Messgrößen und Werten zu groß, um alle Register in einer Tabelle darzustellen.

Die Modbus Register Adressen werden nach einem Schema berechnet. Es gibt ein Schema für Frequenz und Spannungswerte und ein anderes Schema für die übrigen Werte. Anhand dieses Schemas kann die gewünschte Registeradresse einfach berechnet werden.

| Index | Funktion / Messgröße |
|-------|---|
| 0 | Strom |
| 1 | Wirkleistung |
| 2 | Scheinleistung |
| 3 | Blindleistung |
| 4 | Cosinus Phi |
| 5 | Spannungen und andere Stromunabhängige Werte |
| 6 | Einstellbare Register |
| 7 | Unbenutzt |

Für das Schema werden diese Indizes benutzt:

Schema für Funktionen 0-4 (Stromabhängige Größen)

Der Aufbau dieser Registeradressen hat sich mit Version V1.06.000 der Software der Zentraleinheit geändert.

Die Intervallwerte der stromabhängigen Größen sind nun gerätebasierend und erfordern das Anlegen von Geräten mit der Registerkonfiguration des ipsensor service tools. Die Messwerte können dann über die einstellbaren Registeradressen ausgelesen werden.

Die Registeradressen der Sekundenwerte für die stromabhängigen Größen sind wie folgt aufgebaut:

| Bit 15 - 13 | Bit 12 - 5 | Bit 4 - 1 | Bit 0 |
|-------------------|------------|----------------|--------------|
| Funktion (0-4) | Sensor - 1 | Messstelle - 1 | H/L Register |

Die Sensoren und Messstellen werden dabei indiziert. Das bedeutet für die Berechnung des Registers muss vom Wert des Sensor bzw. der Messstelle jeweils 1 subtrahiert werden.

Die festen Registeradressen der stromabhängigen Sekundenwerte sind Integer.

Aufbau für Funktion 5 (Stromunabhängige Größen)

Bei dieser Funktion haben die Bits 15 – 13 den Wert 5. Die Registeradressen für diese Funktion sind in der untenstehenden Tabelle beschrieben.

| Funktion | Adresse |
|---|----------------|
| Spannung L1 Mittelwert (Integer) | 0xA000 = 40960 |
| Spannung L1 Minimum (Integer) | 0xA002 = 40962 |
| Spannung L1 Maximum (Integer) | 0xA004 = 40964 |
| Spannung L1 Sekundenwert(Integer) | 0xA006 = 40966 |
| Spannung L2 Mittelwert (Integer) | 0xA008 = 40968 |
| Spannung L2 Minimum (Integer) | 0xA00A = 40970 |
| Spannung L2 Maximum (Integer) | 0xA00C = 40972 |
| Spannung L2 Sekundenwert(Integer) | 0xA00E = 40974 |
| Spannung L3 Mittelwert (Integer) | 0xA010 = 40976 |
| Spannung L3 Minimum (Integer) | 0xA012 = 40978 |
| Spannung L3 Maximum (Integer) | 0xA014 = 40980 |
| Spannung L3 Sekundenwert(Integer) | 0xA016 = 40982 |
| Frequenz Mittelwert (Integer) | 0xA020 = 40992 |
| Frequenz Minimum (Integer) | 0xA022 = 40994 |
| Frequenz Maximum (Integer) | 0xA024 = 40996 |
| Frequenz Sekundenwert(Integer) | 0xA026 = 40998 |
| Dreiecksspannung L1-L2 Mittelwert (Integer) | 0xA080 = 41088 |
| Dreiecksspannung L1-L2 Minimum (Integer) | 0xA082 = 41090 |
| Dreiecksspannung L1-L2 Maximum (Integer) | 0xA084 = 41092 |
| Dreiecksspannung L1-L2 Sekundenwert (Integer) | 0xA086 = 41094 |
| Dreiecksspannung L2-L3 Mittelwert (Integer) | 0xA088 = 41096 |

| Dreiecksspannung L2-L3 Minimum (Integer) | 0xA08A = 41098 |
|---|----------------|
| Dreiecksspannung L2-L3 Maximum (Integer) | 0xA08C = 41100 |
| Dreiecksspannung L2-L3 Sekundenwert (Integer) | 0xA08E = 41102 |
| Dreiecksspannung L3-L1 Mittelwert (Integer) | 0xA090 = 41104 |
| Dreiecksspannung L3-L1 Minimum (Integer) | 0xA092 = 41106 |
| Dreiecksspannung L3-L1 Maximum (Integer) | 0xA094 = 41108 |
| Dreiecksspannung L3-L1 Sekundenwert (Integer) | 0xA096 = 41110 |
| | |
| НW Туре | 0xB200 = 45568 |
| HW Version | 0xB202 = 45570 |
| SW Version 1 | 0xB204 = 45572 |
| SW Version 2 | 0xB206 = 45574 |
| SW Version 3 | 0xB208 = 45576 |
| Status | 0xB20A = 45578 |
| Seriennummer der Zentraleinheit | 0xB20C = 45580 |

Schema für die Funktion 6 (Einstellbare Register)

| Bit 15 - 13 | Bit 12 - 1 | Bit 0 |
|-----------------|--|--------------|
| Funktion (6) | Interne Registeradresse der einstellbaren Register Zulässige Werte: 0 - 2031 | H/L Register |

Beispiele für fest definierte Registeradressen:

| Funktion | Wert |
|--|----------------|
| Frequenz, Sekundenwert | 0xA026 = 40998 |
| Effektivwert der Spannung L1, Sekundenwert | 0xA006 = 40966 |
| Effektivwert des Stroms, Sekundenwert, Sensor ID 1 Messstelle 1 | 0x0000 = 0 |
| Effektivwert des Stroms, | 0x0024 = 36 |

| Sekundenwert, | |
|---------------|--|
| Sensor ID 2 | |
| Messstelle 3 | |

4 Glossar

| Begriff | Bedeutung |
|----------------------------|---|
| Messgröße | Die Messgröße ist diejenige physikalische Größe, der eine Messung gilt. Z.B. Strom, Spannung, Frequenz |
| Wert | Der Wert legt fest, auf welcher Basis der Messwert ermittelt wird: Min, Max, Mittelwert, Sekundenwert |
| Messwert | Der letzte berechnete Wert einer Messgröße |
| Messstelle | Der Teil eines Sensors, mit dem die Messwerte zu genau einem stromdurchflossenen Leiter ermittelt werden. |
| Phase | Die Spannungsphase, die zu einer Messstelle zugeordnet wird Die Klemme an der Zentraleinheit, an der der jeweilige Leiter angeschlossen wird. |
| Zentraleinheit Abk.: ZE | Das zentrale Gerät mit der entsprechenden Software |
| Sensor | Die an die Zentraleinheit angeschlossenen Geräte zur Erfassung der Ströme mehrerer stromdurchflossener Leiter |
| Sensor ID | Logische Adresse (ID) unter der ein Sensor auf dem Sensorbus angesprochen wird. |
| Sensorplatz | ipsensor stellt 10 logische Sensorplätze zur Verfügung. Durch das Setzen einer ID in einem Sensor, wird der Sensor dem Platz zugeordnet. |
| Stromwandler | Ringkern zur Umwandlung eines Primärstroms in einen Sekundärstrom. Es wird ein Stromwandler pro Messstelle benutzt. Externes Gerät zur Umwandlung eines Primärstroms in einen Sekundärstrom. Diese Stromwandler können mit dem ipsensor für externe Sensoren verwendet werden. |
| Sensorbus | Das Fachbandkabel, das die Zentraleinheit mit den Sensoren verbindet, mit den darauf befindlichen Signalen und der Versorgungsspannung |
| Firmware | Der Lader einer Zentraleinheit bzw. eines Sensors. Dieser Teil der SW kann im Feld nicht aktualisiert werden |
| Software | Die Applikation einer Zentraleinheit bzw. eines Sensors. Dieser Teil der SW kann im Feld aktualisiert werden |
| Konfiguration | Daten die die Firmware und Software steuern. Diese werden teilweise während der Produktion, teilweise durch den Benutzer gesetzt und in nichtflüchtigen Speichern der Zentraleinheit bzw. der Sensoren abgelegt. |
| Registerkonfiguration | Der Teil der Konfiguration, der die konfigurierbaren Register beschreibt. Die Registerkonfiguration kann sowohl im Messsystem als auch auf einem File gespeichert werden. |
| | andere Teile in der Zentraleinheit gespeichert. |

| Gerät | Dieser Bestandteil der Registerkonfiguration beschreibt ein externes Gerät, für das bestimmte Messgrößen erfasst werden sollen. Es gibt einphasige und dreiphasige Geräte | |
|----------------|---|--|
| Register | Dieser Bestandteil der Registerkonfiguration beschreibt eine bestimmte Messgröße, die von einem Gerät erfasst werden soll und die zugehörige Adresse an der die Messgröße ausgelesen werden kann. Register mit festen Adressen dienen zum Auslesen bestimmter Messgrößen der einzelnen Messstellen | |
| Service Tool | Die PC Software zur Konfiguration von ipsensor | |
| Messsystem | Alle Hardware und embedded Software Komponenten | |
| ipsensor | Markenname für alle Komponenten | |
| ipsensor Base | Markenname für die Zentraleinheit | |
| ipsensor 3/12 | Markenname für die Sensoren mit 3 / 12 Messstellen | |
| ipsensor 12 CT | Markenname für den externen Sensor (für externe Stromwandler) | |

5 Technische Daten

| Elektrischer Anschluss | |
|---|---------------|
| Spannung (L1) | 230V, 50/60Hz |
| Leistung (Maximalwert für die Zentraleinheit mit 10 Sensoren) | 5W |
| Strom (minimaler Anschlusswert für die Sicherung) | 1A |

| Konfiguration | |
|---|---|
| Ipsensor Base | Bis zu 10 Sensoren |
| Sensoren | Varianten mit 3 und 12 Messstellen Verschiedene Stromstärken |
| Länge der Verbindung über Flachbandkabel (Maximalwert) | 5 m |

| Maße ipsensor Base | |
|--------------------|-------------|
| Höhe | 91mm |
| Breite | 35 mm (2TE) |
| Tiefe | 59 mm |

| Maße Sensoren | |
|---------------|----------------------------|
| Höhe | 13 mm |
| Breite | 17,5 mm (1TE) / Messstelle |
| Tiefe | 47 mm |

| Kommunikationsschnittstellen | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1 x RS485 | Modbus RTU, 115,2 kBaud |
| 1 x Ethernet | Modbus TCP, 100 MBit |



| Messtechnik | Nennwert | Genauigkeit |
|-------------------------------|-------------------|---|
| Spannungsmessung | 3~230/400 V | Klasse 1 entsprechend DIN EN 60688 |
| Strommessung | 40 A 80 A | Klasse 1 entsprechend DIN EN 60688 |
| Frequenzmessung | 50 / 60 Hz | Klasse 1 entsprechend DIN EN 60688 |
| Leistungsmessung Wirkleistung | 9,2 kW 18,4 kW | Klasse 1 entsprechend DIN EN 62053-21 (Angewandt ¹) |

¹ Die Genauigkeit der Wirkleistungsmessung entspricht der Definition der DIN EN 62053-21 Der Einfluss der relevanten Einflussgrößen auf die Messgenauigkeit entspricht DIN EN 62053-21



6 Sicherheitshinweise

Die hier aufgeführten Sicherheitshinweise und die Warnhinweise in den weiteren Kapiteln dieser Anleitung sind zu beachten, um Gesundheitsgefahren, gefährliche Situationen und Beschädigungen des Systems zu vermeiden.

Die Alttec GmbH, übernimmt keine Haftung für Schäden und Folgen die auftreten aufgrund von:

- Anschluss- und / oder Montagefehler.
- Gewaltanwendung, Beschädigungen des Gerätes und / oder der Anschlussleitungen.
- Gerätebeschädigungen durch mechanische Einflüsse und / oder Überspannung.
- Jedwede Veränderung am Gerät und / oder den Anschlussleitungen.
- Verwendung für andere, als in der Anleitung beschriebene Zwecke.
- Flüssigkeitseinwirkung und / oder unzureichende Belüftung.
- Unautorisiertes Öffnen des Gerätes. Dies hat u.a. den Verlust der Gewährleistung zur Folge.
- Folgeschäden die aufgrund nicht bestimmungsgemäßem Gebrauchs entstehen können.

Das Messsystem ist für den Betrieb an Spannungen größer 50V ausgelegt. Diese Spannungen bedeuten Lebensgefahr durch gefährliche Körperströme / elektrischen Schlag.

Es gelten diese Sicherheitshinweise:

- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Bei Berührung von spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr. Beschädigung der Isolation oder einzelner Bauteile kann lebensgefährlich sein.
- Bei Beschädigung der Isolation (Gehäuse) Spannungsversorgung sofort abschalten und Austausch veranlassen.
- Bei allen Arbeiten an elektrischen Anlagen diese spannungslos schalten und auf Spannungsfreiheit prüfen.
- Vor Wartungs-, Reinigungs- und Reparaturarbeiten Spannungsversorgung abschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
- Keine Sicherungen überbrücken oder außer Betrieb setzen.
- ipsensor ist vor eindringendem Wasser zu schützen.

| Leiterquerschnitte für L1, L2, L3 und N | |
|---|---|
| Eindrähtig | 0,5 mm ² – 1,5 mm ² |
| Abisolierlänge | 10mm |
| Feindrähtig mit isolierter Aderendhülse | 0,5 mm ² – 1 mm ² |

| Leiterquerschnitte für A(+), B(-), GND | |
|---|---------------------|
| Feindrähtig mit isolierter Aderendhülse | 0,25mm ² |

| Umgebungsbedingungen | |
|----------------------|---------------|
| Temperatur Lagerung | -20°C - +65°C |
| Temperatur Betrieb | -20°C - +55°C |



| Höhe | Max. 2000m über NN |
|------------------|------------------------------|
| Luftfeuchtigkeit | Max. 90% nicht kondensierend |
| Einsatzort | Nur in Innenräumen |

| Sicherheit | |
|------------------------|--------------|
| Schutzklasse | 11 |
| Installationskategorie | 300V CAT III |
| Verschmutzungsgrad | 2 |



| Maximale Betriebsbedingungen der Spannungseingänge, jeweils bezogen auf den N Eingang | |
|---|----------------|
| Versorgungsspannung (L1) | 230V +/- 10% |
| Messspannungen (L2, L3) | 0 – 230V + 10% |

| Maximale Betriebsbedingungen der Stromeingänge | |
|---|-----------------------------|
| Strommessung | 0 – I _{Nenn} + 10% |

Maximale Betriebsbedingungen der RS485 Schnittstelle

Die zulässigen Betriebsbedingungen sind der Norm ANSI/TIA/EIA-485-A-98 zu entnehmen

Maximale Betriebsbedingungen der Ethernet Schnittstelle

Die zulässigen Betriebsbedingungen sind der Norm IEEE 802.3 Clause 25 und TIA-568A/B zu entnehmen

Maximale Betriebsbedingungen der Sensorbus Schnittstelle

Diese proprietäre Schnittstelle darf nur zum Anschluss von Sensoren des ipsensor Messsystems verwendet werden.

| \wedge | Die Spannungseingange L1, L2, L3 müssen durch Sicherungen von 1A, Auslösecharakteristik B abgesichert werden. |
|-------------|--|
| <u></u> _ | Es muss eine Methode bereitgestellt werden, welche |
| | erlaubt das Gerät spannungsfrei zu schalten, z.B. ein deutlich gekennzeichneter Trennschalter. |
| \bigwedge | Die Installation der Sensoren, des Flachbandkabels und der Zentraleinheit hat so hinter einer Abdeckung zu erfolgen, dass die Sensoren, das Flachbandkabel und die Anschlussklemmen von ipsensor ohne Entfernen der Abdeckung nur für Elektrofachkräfte zugänglich sind. Die Abdeckung ist so zu kennzeichnen, dass sich hinter der Abdeckung offene, gefährliche spannungsführende Teile befinden. Alternativ dürfen alle Teile von ipsensor so installiert werden (Z.B. in einem Schaltschrank), dass sie nur für Elektrofachkräfte zugänglich sind. |



| \land | Ein Mindestabstand des Flachbandkabels von 6 mm zu spannungsführenden Teilen der Anlage ist einzuhalten. Die offenen Enden des Flachbandkabels sind mit Schrumpfschlauch abzuschließen. |
|---------|---|
| | Schutzklasse II Der Berührungsschutz wird durch eine Schutzisolierung gewährleistet |

7 Konformitätserklärung

Hersteller: GT elektronik GmbH & Co. KG Sauerzapfstraße 14 D - 92507 Nabburg

Telefon +49 / (0) 9433 / 2413 0 Fax +49 / (0) 9433 / 2413 99 E-Mail <u>info@gt-elektronik.de</u>

erklärt hiermit, dass das Produkt ipsensor den Bestimmungen der

Niederspannungsrichtline 2014/35/EU

entspricht. Folgende Normen wurden angewendet:

| | Norm | Datum |
|--|---|--|
| Funkstöreigenschaften | 55022 Class B EN 61000-6-3 EN 61000-6-4 | 2010 + AC 2011 2007 + A1 2001 2007 + A1 2001 |
| Störfestigkeit | EN 61000-6-1 EN 61000-6-2 | 2007 2007 |
| Oberschwingungsströme | EN 61000-3-2 | 2006 + A1 2009 + A2 2009 |
| Spannungsschwankungen | EN 61000-3-3 | 2008 |
| Entladung statischer Elektrizität | EN 61000-4-2 | 1995 + A1 1998 +A2 2001 |
| Hochfrequente elektromagnetische Felder | EN 61000-4-3 | 2006 |
| Schnelle transiente Störgrößen | EN 61000-4-4 | 2004 |
| Leitungsgeführte Störgrößen | EN 61000-4-6 | 1996 + A1 2001 |
| Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen | EN 61000-4-8 | 1993 + A1 2001 |

| Spannungseinbrüche | EN 61000-4-11 | 2004 |
|---------------------------------------|---------------|------|
| Überspannungen, CAT III | IEC 61010-1 | 2010 |
| Allgemeine Sicherheitsbestimmungen | IEC 61010-1 | 2010 |

Unterzeichnet im Auftrag der GT elektronik GmbH & Co. KG

J-C-X

Anhang A Berechnungsgrundlage nach EN 61557-12:2008

A.1 Wirkleistung (P) und Wirkenergie (E_a)

7.1.1 Sekundenwerte

Die Sekundenwerte der Wirkleistung P_p des Außenleiters mit der Phase p werden durch

$$P_p := \frac{1}{T} \int_0^T v_p(t) \cdot i_p(t) \, dt$$

definiert, mit:

- dem Abtastwert der Spannung $v_p(t)$ des Neutralleiters gegen den Außenleiter mit der Phase p zum Zeitpunkt t,
- dem Abtastwert des Stroms $i_p(t)$ von Außenleiter p zum Zeitpunkt t und
- der Integrationszeit *T* wobei T = 1s ist.

Die Werte für die Wirkenergie E_a ergeben sich aus dem Produkt der jeweiligen Wirkleistungen mit der Integrationszeit.

7.1.2 Einphasenwerte

Der Mittelwert $\overline{P_p}$ ergibt sich durch

$$\overline{P}_p := \frac{1}{T} \int_0^T P_p(t) \, dt$$

wobei T die in der Registerkonfiguration eingestellte Integrationszeit ist. Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während dieser Zeit.

7.1.3 Dreiphasenwerte

Der Dreiphasenwert wird sowohl für Sekundenwerte P, als auch für Mittelwerte \overline{P} , aus den Werten für die einzelnen Phasen berechnet

$$P := P_1 + P_2 + P_3$$

bzw.

$$\overline{P} := \overline{P_1} + \overline{P_2} + \overline{P_3}$$

Das Maximum und Minium ist dann der größte bzw. kleinste 3-Phasen-Sekundenwert während der Integrationszeit.

A.2 Blindleistung (Q)

7.1.4 Sekundenwerte

Die Sekundenwerte der Blindleistung Q_p des Außenleiters mit der Phase p werden durch

$$Q_p \coloneqq \sqrt{{S_p}^2 - {P_p}^2}$$

definiert, mit:

- der Scheinleistung S_p für Außenleiter p und
- der Wirkleistung P_p für Außenleiter p.

7.1.5 Einphasenwerte

Der Mittelwert $\overline{Q_p}$ ist definiert als

$$\overline{Q_p} \coloneqq \sqrt{\overline{S_p}^2 - \overline{P_p}^2}$$

Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während der Integrationszeit *T*.

7.1.6 Dreiphasenwerte

Der Dreiphasenwert wird sowohl für Sekundenwerte Q_A als auch für Mittelwerte $\overline{Q_A}$ arithmetisch aus den Dreiphasenwerten der Wirk- und Scheinleistung berechnet

$$Q_A := \sqrt{S^2 - P^2}$$

bzw.

$$\overline{Q_A} := \sqrt{\bar{S}^2 - \bar{P}^2}$$

Das Maximum und Minium ist dann der größte bzw. kleinste 3-Phasen-Sekundenwert während der Integrationszeit.

A.3 Scheinleistung (*S*)

7.1.7 Sekundenwerte

Die Sekundenwerte der Scheinleistung S_p des Außenleiters mit der Phase p werden durch

$$S_p \coloneqq V_{pN} \cdot I_p$$

definiert, mit:

- der L_p -N-Effektivspannung V_{pN} und
- dem Effektivwert des Stroms I_p für Außenleiter p.

7.1.8 Einphasenwerte

Der Mittelwert $\overline{S_p}$ ist definiert als

$$\overline{S_p}\coloneqq \overline{V_{pN}}\cdot \overline{I_p}$$

Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während der Integrationszeit *T*.

7.1.9 Dreiphasenwerte

Der Dreiphasenwert wird sowohl für Sekundenwerte S_A als auch für Mittelwerte $\overline{S_A}$ arithmetisch aus den Werten für die einzelnen Phasen berechnet

$$S_A := S_1 + S_2 + S_3$$

bzw.

$$\overline{S_A} := \overline{S_1} + \overline{S_2} + \overline{S_3}$$

Das Maximum und Minium ist dann der größte bzw. kleinste 3-Phasen-Sekundenwert während der Integrationszeit.

A.4 Strom (I)

7.1.10 Sekundenwerte

Die Sekundenwerte des Stroms I_p durch einen Außenleiter mit der Phase p werden durch

$$I_p := \frac{1}{T} \int_0^T \left(i_p(t) \right)^2 dt$$

definiert, wobei T = 1s ist.

7.1.11 Einphasenwerte

Der Mittelwert $\overline{I_p}$ wiederum ist

$$\bar{I_p} := \frac{1}{T} \int_{0}^{T} I_p(t) \, dt$$

wobei T die in der Registerkonfiguration eingestellte Integrationszeit ist. Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während dieser Zeit.

7.1.12 Dreiphasenwerte

Der 3-Phasenwert wird sowohl für Sekundenwerte *I* als auch für Mittelwerte \overline{I} als arithmetisches Mittel aus den Werten für die einzelnen Phasen berechnet

$$I := \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

bzw.

$$\bar{I} := \frac{\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3}{3}$$

Das Maximum und Minimum ist der größte bzw. kleinste Strom, der in einem der Außenleiter gemessen wurde.

A.5 Spannung (U)

7.1.13 Sekundenwerte und Mittelwerte L_p -N

Die Sekundenwerte der Spannung V_{pN} zwischen Außenleiter p und Neutralleiter werden durch

$$V_{pN} := \frac{1}{T} \int_{0}^{T} \left(v_{pN}(t) \right)^2 dt$$

definiert, wobei T = 1s ist. Der Mittelwert $\overline{V_{pN}}$ wiederum ist

$$\overline{V_{pN}} := \frac{1}{T} \int_{0}^{T} V_{pN}(t) dt$$

Dabei ist T die in der Registerkonfiguration eingestellte Integrationszeit ist. Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während dieser Zeit.

7.1.14 Sekundenwerte und Mittelwerte L_p - L_q

Die Sekundenwerte der Spannung U_{pg} zwischen Außenleiter p und Außenleiter g werden durch

$$U_{pg} := \frac{1}{T} \int_{0}^{T} \left(v_{gN}(t) - v_{pN}(t) \right)^{2} dt$$

definiert, wobei T = 1s ist. Der Mittelwert $\overline{U_{pg}}$ wiederum ist

$$\overline{U_{pg}} := \frac{1}{T} \int_{0}^{T} U_{pg}(t) \, dt$$

Dabei ist T die in der Registerkonfiguration eingestellte Integrationszeit ist. Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während dieser Zeit.

A.6 Leistungsfaktor

7.1.15 Sekundenwerte

Die Sekundenwerte der Leistungsfaktoren PF_p des Außenleiters p werden durch

$$PF_p \coloneqq \frac{P_p}{S_p}$$

definiert.

7.1.16 Einphasenwerte

Der Mittelwert $\overline{PF_p}$ wiederum ist definiert als

$$\overline{PF_p} \coloneqq \frac{\overline{P_p}}{\overline{S_p}}$$

Das Minimum bzw. das Maximum ist dann der kleinste bzw. größte Sekundenwert während der Integrationszeit *T*.

7.1.17 Dreiphasenwerte

Der Dreiphasenwert wird sowohl für Sekundenwerte PF_A als auch für Mittelwerte $\overline{PF_A}$ arithmetisch aus den Dreiphasenwerten der Wirk- und Scheinleistung berechnet

$$PF_A \coloneqq \frac{P}{S_A}$$

bzw.

$$\overline{PF_A} \coloneqq \frac{\overline{P}}{\overline{S_A}}$$

Das Maximum und Minium ist dann der größte bzw. kleinste 3-Phasen-Sekundenwert während der Integrationszeit.